

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MAYCON LUCA BOEIRA

A VIABILIDADE ECONÔMICA DAS LÂMPADAS DE LED: UM ESTUDO DE CASO  
PARA O TÚNEL DO MORRO AGUDO (PAULO LOPES - SC)

CURITIBA  
2014

MAYCON LUCA BOEIRA

A VIABILIDADE ECONÔMICA DAS LÂMPADAS DE LED: UM ESTUDO DE CASO  
PARA O TÚNEL DO MORRO AGUDO (PAULO LOPES - SC)

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Econômicas, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientadora: Profª Dayane Rocha de Pauli.

CURITIBA  
2014

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

MAYCON LUCA BOEIRA

A VIABILIDADE ECONÔMICA DAS LÂMPADAS DE LED: UM ESTUDO DE CASO  
PARA O TÚNEL DO MORRO AGUDO (PAULO LOPES - SC)

Monografia aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel  
em Ciências Econômicas, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade  
Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

---

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dayane Rocha de Pauli.  
Setor de Ciências Sociais Aplicadas  
Universidade Federal do Paraná

---

Prof. Adilson Antonio Volpi.  
Setor de Ciências Sociais Aplicadas  
Universidade Federal do Paraná

---

Prof<sup>a</sup>. Denise Maria Maia.  
Setor de Ciências Sociais Aplicadas  
Universidade Federal do Paraná

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Prof<sup>a</sup>. Dayane Rocha de Pauli, pela valiosa orientação e auxílio na elaboração deste trabalho.

Agradeço à UFPR pela oportunidade de ter ingressado neste curso, ao qual pretendo exercer a profissão que me foi oportunizado.

Agradeço aos professores da UFPR pelos conhecimentos e experiências compartilhados.

Agradeço aos amigos que fiz e que, de certa forma, contribuíram para que minha formação se concretizasse.

Agradeço à minha sobrinha, Julia Beatriz Boeira da Silva, pelos dias de alegria que me proporciona.

Agradeço à minha irmã, Rosiane Boeira da Silva, pelo companheirismo desde sempre.

Agradeço à minha mãe, Tania Maria da Rosa Boeira, pela paciência, pelo apoio, pelo amor, pela vida, e por tudo que me deu.

Agradeço ao meu pai, pelo apoio e pelo tempo que dispôs para que esse sonho se tornasse realidade.

Agradeço, especialmente, à minha futura esposa, Eloá Capelini Ferreira, pelo apoio, pela compreensão, pelo amor e, principalmente, pela força que me dá nos momentos em que mais preciso.

Agradeço também, às empresas que colaboraram com informações importantes para a conclusão deste trabalho.

## RESUMO

Apesar da sua eficácia comprovada em redução de consumo de energia elétrica e maior potencial luminoso, a tecnologia LED ainda enfrenta resistência por parte dos órgãos públicos e do público em geral devido ao seu alto custo de aquisição. Ainda que a tecnologia esteja sendo implementada em alguns locais públicos, como pontos turísticos, orlas e avenidas, o que se percebe, no entanto, é que não têm sido desenvolvidos estudos mais aprofundados quanto aos resultados efetivos da tecnologia LED nessas instalações. Assim sendo, este trabalho se propõe a analisar a tecnologia LED aplicada a um local real, o túnel do Morro Agudo (Paulo Lopes, SC) e avaliar, através de métodos de análises de viabilidade, os resultados da substituição das lâmpadas convencionais, atualmente utilizadas, pelas luminárias LED. Para a elaboração deste trabalho, foi realizada uma consulta junto à empresa administradora do túnel, para obtenção das informações necessárias. São elas, o consumo médio de energia do túnel, o levantamento da quantidade das lâmpadas instaladas, bem como a potência de cada uma, e o custo mensal de energia elétrica. Com estes dados disponíveis, foi possível calcular, através do *software Microsoft Excel*, os indicadores de viabilidade que apontaram um resultado positivo, sob a ótica econômica e financeira, a médio e longo prazo.

**Palavras-chave:** Iluminação Pública. Tecnologia LED. Diodo Emissor de Luz. Economia de Energia.

## **ABSTRACT**

Despite the efficacy in reducing electrical energy consumption and the higher light potential, the LED technology still facing resistance from government agencies and the public due the high cost to buy it. Although the technology is being implemented in some public places such as tourist spots, beach streets and avenues, what we can see, however, is that it is not being developed studies in this area, to prove in fact that the LED technology is the better choice in public illumination. Therefore, this study aims to analyze the LED technology applied to a real location, the Morro Agudo tunnel, located in Paulo Lopes, Santa Catarina, and evaluate, through methods of economic viability, the results of the replacement of conventional lamps, currently used in the tunnel, by the LED luminaries. For the preparation of this work, we made a consult with the tunnel administration company, to obtain the necessary information. They are, the average power consumption of tunnel, the quantify of lamps installed and the power of each, and finally, the monthly cost of electricity. With this information available, it was possible to calculate, using the Microsoft Excel software, the viability indicators that aim to a positive result from an economic and financial perspective, looking at the medium and the long run.

**Key Words:** Public Illumination. LED Technology. Light Emitting Diode. Energy Economy.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estimativa de geração de resíduos sólidos após 50.000 horas .....	21
Tabela 2 - Comparativo de consumo entre os sistemas atual e LED.....	22
Tabela 3 - Descrição técnica das luminárias LED .....	24
Tabela 4 - Orçamento de compra das luminárias LED.....	26
Tabela 5 - Quadro de custos totais do projeto.....	30
Tabela 6 - Comparação da vida útil dos tipos de tecnologia para iluminação artificial .....	31
Tabela 7 - Custo de manutenção das lâmpadas convencionais .....	31
Tabela 8 - Custo de manutenção por período.....	32
Tabela 9 - Informações do consumo mensal do sistema atual de iluminação do túnel .....	38
Tabela 10 - Informações do consumo mensal do sistema proposto de iluminação do túnel.....	39
Tabela 11 - Economia gerada pela troca do sistema de iluminação .....	39
Tabela 12 - Fluxo de caixa do projeto .....	40
Tabela 13 - Indicadores de viabilidade do projeto .....	43

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estrutura do LED.....	13
Figura 2 - Modelos de lâmpadas residenciais de LED .....	14
Figura 3 - Túnel do Morro Agudo, Paulo Lopes, Santa Catarina.....	18
Figura 4 - Exemplo de túnel que utiliza o sistema de iluminação a LED (lado esquerdo), em comparação a um túnel que não utiliza (lado direito).....	20
Gráfico 1 - Vida útil das lâmpadas conforme a tecnologia utilizada, em horas .....	15



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2. A TECNOLOGIA LED PARA A ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL E SEUS BENEFÍCIOS .....</b>	<b>13</b>
<b>3. ESTUDO DE CASO: O TÚNEL DO MORRO AGUDO (PAULO LOPES – SC) ...</b>	<b>17</b>
3.1. ASPECTOS DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO.....	19
3.1.1. Segurança e conforto .....	19
3.1.2. Ambiental .....	20
3.1.3. Consumo .....	22
3.2. DESCRIÇÃO DAS LUMINÁRIAS .....	23
3.3. ORÇAMENTOS E PRAZOS PARA EXECUÇÃO DO PROJETO.....	25
3.3.1. Custos estimados .....	25
3.3.1.1. Custos diretos.....	26
3.3.1.1.1. Luminárias .....	26
3.3.1.1.2. Mão-de-obra .....	27
3.3.1.1.3. Materiais de consumo .....	27
3.3.1.2. Custos indiretos.....	27
3.3.1.2.1. Estudos preliminares de engenharia, projeto e consultoria .....	28
3.3.1.2.2. Administração, acompanhamento e fiscalização.....	28
3.3.1.2.3. Descarte de materiais nocivos.....	29
3.3.1.2.4. Custos eventuais.....	29
3.3.2. Valor estimado de investimento.....	29
3.3.3. Manutenção.....	30
<b>4. ANÁLISE ECONÔMICA E FINANCEIRA DO PROJETO.....</b>	<b>33</b>
4.1. INDICADORES DE VIABILIDADE ECONÔMICA.....	33
4.1.1. Taxa mínima de atratividade (TMA) .....	34
4.1.2. Taxa interna de retorno (TIR) .....	34
4.1.2. Taxa interna de retorno modificada (TIRM) .....	35
4.1.3. Valor presente líquido (VPL) .....	35
4.1.4. Valor presente líquido anualizado (VPLA).....	36
4.1.5. Índice benefício-custo (IBC) .....	36

4.1.7. Retorno do investimento ( <i>payback</i> simples).....	37
4.1.8. Retorno do investimento ( <i>payback</i> descontado) .....	37
4.2. APRESENTAÇÃO DOS DADOS.....	38
4.2.1. Premissas do projeto.....	38
4.2.2. Fluxo de caixa .....	39
4.3. ANÁLISE DE VIABILIDADE .....	42
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>45</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>46</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento populacional e o crescimento das cidades demandam uma carga cada vez maior de energia elétrica, porém o aumento da oferta, através de fontes renováveis, exige um investimento muito alto e, mesmo assim, é incerto seu funcionamento correto, devido às condições climáticas favoráveis. Logo, surgem medidas e tecnologias que combatem o aumento do consumo de energia elétrica na outra ponta, na demanda.

Com o avanço tecnológico da iluminação artificial, a cada período torna-se necessária a substituição da tecnologia defasada pela nova tecnologia mais eficiente, assim ocorreu desde a troca dos lampiões alimentados com óleo - muitas vezes de baleia - ou querosene pelas lâmpadas de descarga, em meados de 1930 (FRÓES DA SILVA, 2006). A partir disso, seguiu-se a substituição das tecnologias para a iluminação pública no Brasil com as lâmpadas incandescentes, após com as lâmpadas de luz mista, a vapor de mercúrio e por último as de vapor de sódio de alta pressão (FERREIRA, 2009). Todas essas substituições se deram devido ao fato das novas tecnologias serem mais eficientes, proporcionando mais luz por unidade de energia consumida e maior durabilidade, permitindo um menor período de manutenção e, com isso, economia de custos.

Dado que estamos em processo de mais uma substituição de tecnologia, devido ao avanço da utilização do *light emitting diode* (LED) na iluminação artificial, este trabalho se propõe a analisar o uso do LED aplicado à iluminação pública comparando-o com o uso de sistemas utilizando fontes convencionais, tais como a lâmpada de vapor de sódio. Para isto, utilizaremos o estudo de caso real, aplicando a substituição no túnel do Morro Agudo, localizado no Município de Paulo Lopes, Santa Catarina, assim, avaliando se a tecnologia LED é viável sob o ponto de vista econômico e financeiro.

Esta localidade foi escolhida para a realização deste trabalho, devido à realização deste projeto, pelo próprio autor desta monografia, para uma empresa de consultoria em engenharia de iluminação. Cabe ressaltar que o projeto econômico foi desenvolvido em sua integridade pelo autor e a análise foi expandida tanto em termos técnicos quanto em indicadores de viabilidade para este trabalho de conclusão de curso.

Para que possamos atender ao objetivo deste trabalho, foi proposto, a princípio, a substituição das lâmpadas a vapor de sódio pelas lâmpadas de LED, procurando manter o mesmo nível de iluminância, conforme é proposto por artigos técnicos e catálogos de fabricantes, desconsiderando termos e técnicas direcionados à engenharia elétrica e de iluminação em si, tais como curva de iluminância, curva de fluxo luminoso, temperatura de cor, ângulo de luz, entre outros.

Em nossa análise, utilizaremos as técnicas da matemática financeira e da engenharia econômica, onde serão utilizados diversos recursos, tais como fluxo de caixa, valor presente, taxa interna de retorno, índice benefício-custo, entre outros, que auxiliarão na decisão de viabilidade econômica do projeto de substituição.

Nos capítulos que seguem, abordaremos alguns conceitos básicos sobre o LED, em seguida apresentaremos as características do túnel, os recursos de viabilidade econômica que serão utilizados e, enfim, realizaremos a análise de acordo com a metodologia proposta. Ao final traremos uma breve conclusão sobre a atual viabilidade das lâmpadas de LED para a iluminação deste túnel.

## 2. A TECNOLOGIA LED PARA A ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL E SEUS BENEFÍCIOS

O díodo emissor de luz, conhecido popularmente como LED (*light emitting diode*), é um componente eletrônico semicondutor, a mesma tecnologia utilizada nos *chips* de informática, que possui a propriedade de transformar energia elétrica em luz, diferentemente de outros modelos de lâmpadas, que produzem luz através do aquecimento de um filamento, liberando calor ao receber energia. Desta forma, no LED, a transformação de energia elétrica em luz é feita pela matéria, sendo, por isso, chamada de Estado Sólido (*Solid State*).

O componente mais importante do LED é o *chip* semicondutor responsável pela geração de luz. Como é possível verificar na figura 1, o *chip* semicondutor é apenas um pequeno componente da lâmpada, que fica envolto por uma lente transparente e acoplado numa base de montagem de silício, responsável pela energização do semicondutor, que acenderá o *chip* LED, transformando a energia em luz.

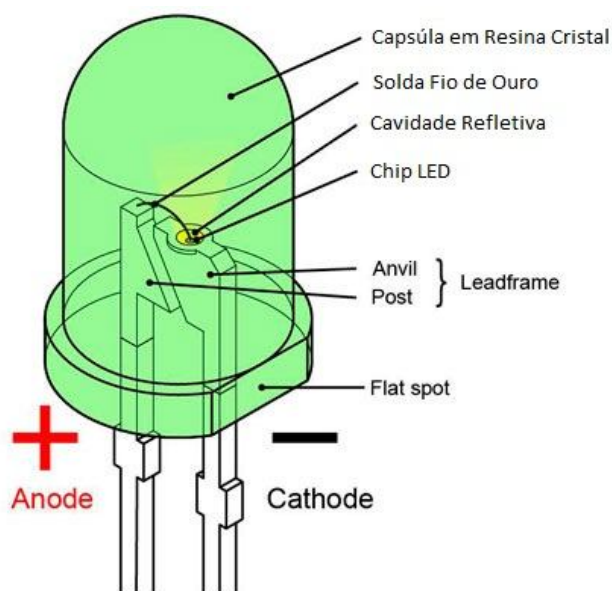


Figura 1 - Estrutura do LED

Fonte: Visual Perception (2014)

Inicialmente o LED proporcionava uma quantidade de luz muito pequena para ser utilizado comercialmente como uma opção de iluminação artificial, porém, devido ao avanço tecnológico, o LED passou por um incremento substancial nos seus componentes, fato que atualmente já estão disponíveis no mercado LED com eficiência superior a 120lm/W. Devido a esta eficiência, ele vem sendo difundido e utilizado para a iluminação dos mais diversos ambientes, como residências, fábricas e iluminação pública. Isto se dá, devido ao fato da distribuição de vários LED e diferentes tipos de lentes, que distribuem a luz de forma coerente e com quantidades de luz suficientes para a iluminação de ambientes. A figura 2 mostra alguns modelos de lâmpadas de LED disponíveis atualmente no mercado.



Figura 2 - Modelos de lâmpadas residenciais de LED

Fonte: Philips (2014)

Schulbert (2006) cita algumas características que fazem do LED uma das melhores opções do mercado para a iluminação artificial, são elas:

- Alta eficiência;
- Alta emissão de fluxo luminoso;
- Boa reprodução de cores;
- Confiabilidade;
- Baixo custo de produção;
- Benefícios ambientais.

Podemos ainda considerar outras condições básicas que uma tecnologia precisa ter para atender as exigências de aplicação na iluminação artificial, tais como:

- Longa vida útil;
- Variedade de temperatura de cor;
- Flexibilidade;
- Ausência de emissão de radiação infravermelha.

De acordo com a Philips (2014), atualmente existe uma variação do tempo de vida útil das lâmpadas de LED, porém, em média, elas duram 50 mil horas. Se compararmos com outras tecnologias, vemos um dos principais benefícios do LED, já que uma lâmpada fluorescente tem vida útil média de dez mil horas e enquanto a lâmpada incandescente apresenta vida útil de apenas mil horas. Para nossa análise é importante ressaltar a comparação da vida útil do LED com as de vapor de sódio de alta pressão, que apresentam vida útil de 24 mil horas. O gráfico 1 nos mostra esta comparação das vidas úteis das lâmpadas, de acordo com a tecnologia utilizada.

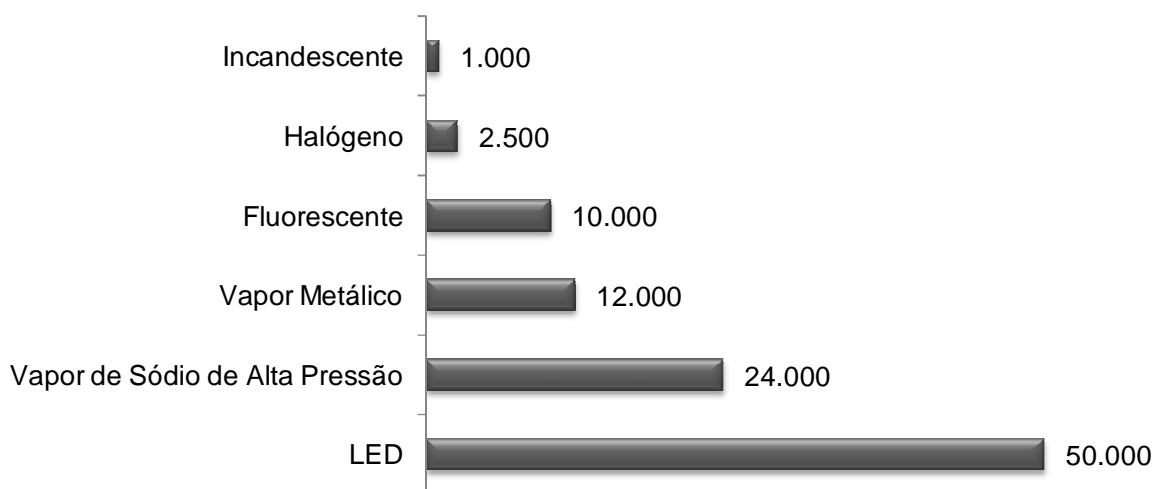


Gráfico 1 - Vida útil das lâmpadas conforme a tecnologia utilizada, em horas

Fonte: Portal O Setor Elétrico (2014)

Também é válido ressaltar que as lâmpadas LED utilizam materiais recicláveis, tornando-a a tecnologia mais sustentável em comparação às outras, que utilizam metais e gases nocivos ao meio-ambiente.

Dado todas essas qualidades que a tecnologia LED possui, a única razão que impede a proliferação de seu uso é o seu preço elevado em comparação com as demais, que pode chegar a custar de 10 a 100 vezes o preço de uma lâmpada convencional. Para termos uma avaliação melhor a respeito desta tecnologia, e sua real viabilidade, estudaremos um caso de aplicação real, onde através da análise e levantamento luminotécnico atualmente aplicado no túnel do Morro Agudo, localizado no Município de Paulo Lopes Santa Catarina, iremos estimar se a substituição das lâmpadas convencionais (vapor de sódio de alta pressão, no caso) por lâmpadas de LED trarão um retorno positivo do ponto de vista econômico-financeiro.



### 3. ESTUDO DE CASO: O TÚNEL DO MORRO AGUDO (PAULO LOPES – SC)

O túnel, que representou um investimento de R\$ 62 milhões do Governo Federal, possui extensão de 1.014 metros e está localizado no km 257 da BR-101/SC Trecho Sul, no município de Paulo Lopes, na Grande Florianópolis. Sua construção, que faz parte da duplicação da rodovia, foi iniciada em 2008 e teve sua liberação total para tráfego em maio de 2012. Nele, estão instalados os mais modernos equipamentos para túneis da atualidade.

De acordo com a Sotepa (2012), empresa que administra o túnel, os sistemas integrados de segurança que o túnel abrange incluem:

- Sistema de supervisão e controle de tráfego: telefonia de emergência, monitoramento das condições ambientais do túnel (ventilação e iluminação), monitoramento de imagens (três câmeras coloridas com sistema de captação e análise de imagens à distância e 10 câmeras fixas, instaladas a cada 100 metros no interior do túnel), painel de mensagens variáveis (avisos dinâmicos, através de mensagens eletrônicas sobre acidentes, obras, ventos, chuvas, neblina, tipo de operação, apresentação em horários programados).
- Monitoramento e controle de segurança: detecção de incêndio no interior do túnel, nas salas da subestação e do prédio de apoio administrativo/operacional.
- Monitoramento e controle de iluminação e ventilação.
- Sonorização do túnel (megafonia).
- Sinalização de evacuação de emergência.
- Monitoramento e controle da rede de hidrantes e detecção de acessos aos extintores manuais de incêndio.
- Cancelas, semáforos e balizadores de tráfego.
- Sistemas de vigilância e segurança patrimonial.

- Centro de controle operacional: sistema de gerenciamento do túnel que concentra todas as ferramentas necessárias à manutenção da segurança, fluidez e controle das condições de tráfego do sistema.
- Sistema de energia: constituído de três fontes independentes de alimentação (um gerador a diesel, um sistema de no-break e dois transformadores de distribuição a seco) para garantir a continuidade do fornecimento de energia elétrica aos diversos sistemas do túnel.
- As melhorias também se estendem ao sistema da concessionária de energia elétrica local, a Cerpalo. Por força do atendimento ao túnel, a concessionária melhorou suas instalações, construindo um novo alimentador de 13,8 kV, o que significa mais qualidade e confiabilidade no fornecimento de energia para toda a região.



Figura 3 - Túnel do Morro Agudo, Paulo Lopes, Santa Catarina

Fonte: Sotepa (2012)

### 3.1. ASPECTOS DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

De maneira geral, o sistema de iluminação atual do túnel atende todas as normas técnicas, conforme divulgado pela Sotepa (2012), porém, como veremos, com o sistema de iluminação à LED haverá um grande impacto de qualidade dos quesitos de segurança, conforto, consumo e responsabilidade ambiental.

#### 3.1.1. Segurança e conforto

O IRC – Índice de Reprodução de Cores é um parâmetro luminotécnico que mede a capacidade que uma determinada fonte de luz possui de reproduzir as cores reais de um objeto. O IRC varia na escala de 0 a 100, sendo que quanto maior o IRC, melhor será o seu desempenho na reprodução das cores.

O sistema atual, baseado em lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão (VSAP), possui um péssimo IRC, na ordem de 15 a 20, o que proporciona ao usuário fadiga visual, além de comprometer a percepção das cores de segurança.

Em contrapartida, as luminárias LED emitem luz branca, na faixa de 3500 à 6500K, e possui IRC maior que 70, proporcionando uma excelente percepção das cores aplicadas na sinalização de segurança e criando a sensação de ambiente limpo, organizado e estimulando o estado de atenção por parte dos usuários do túnel. É possível verificar a diferença de cores na figura 4, onde o túnel do lado esquerdo da imagem já utiliza o sistema de iluminação a LED, apresentando uma luz branca, com melhor qualidade na reprodução de cores, já o lado direito da imagem ainda não utiliza as lâmpadas de LED, apresentando uma iluminação amarelada, com menor qualidade de reprodução de cores.



Figura 4 - Exemplo de túnel que utiliza o sistema de iluminação a LED (lado esquerdo), em comparação a um túnel que não utiliza (lado direito)

Fonte: Schröder do Brasil (2014)

### 3.1.2. Ambiental

As lâmpadas VSAP aplicadas no sistema de iluminação atual possuem em sua composição o elemento químico mercúrio, metal pesado altamente poluente, e por isso necessitam de procedimentos especiais e financeiramente dispendiosos para o armazenamento, transporte e destinação final das lâmpadas usadas.

As luminárias LED do novo sistema, não possuem elementos químicos tóxicos ou poluentes em sua composição, sendo possível a reciclagem de cerca de 98% dos materiais empregados (alumínio de alta pureza, polímeros, cobre, etc.) em uma luminária.

Soma-se a essas vantagens, a redução na demanda de energia elétrica e a consequente preservação de recursos naturais pela energia economizada ao longo de um determinado período.

De acordo com estudo preliminar, estima-se que ao final do período de 50.000 horas (cerca de 5,7 anos), terá sido gerada quantidade de resíduos proveniente do descarte de equipamentos de iluminação, de acordo com a tabela 1.

Tabela 1 - Estimativa de geração de resíduos sólidos após 50.000 horas

	VSAP	LED
Quantidade de peças	844	422
Peso total peças.	142 kg	3580 kg
Peso reator	1340 kg	0
Custo transporte <sup>1</sup>	R\$200,00	R\$0,00
Custo destinação <sup>2</sup>	R\$ 2.020,00	R\$ 0,00
Preço venda <sup>3</sup> (reciclagem)	R\$ 0,00	R\$ 4.296,00
Custo total destinação	R\$ 2.220,00	R\$ 0,00
Lucro da venda de recicláveis	R\$ 0,00	R\$ 4.296,00
Economia estimada	R\$ 6.516,00	

Fonte: Elaboração própria, a partir do catálogo da Philips (2014)

A tabela 1 foi elaborada de acordo com estimativas dos pesos dos equipamentos que estão instalados atualmente no túnel, de acordo com o catálogo da fabricante Philips, após foi realizado orçamentos para destinação e transporte destes equipamentos, e assim, calculado o custo total de destinação. Para estimação do lucro da venda dos equipamentos LED, estimamos o valor de acordo com o peso das luminárias, de acordo com o catálogo da fabricante AOD, após foi

<sup>1</sup>Valores médios de mercado, para a coleta e transporte dos resíduos do local.

<sup>2</sup>Baseado em valores médios praticados no estado de Santa Catarina, para descarte de lâmpadas e reatores.

<sup>3</sup>Considerando somente o percentual de peso dos materiais nobres (Alumínio) contido nas luminárias LED.

realizado orçamentos com empresas de reciclagem para obter o valor pago por quilo do material utilizado nas luminárias LED.

Na tabela 1, embora esteja baseada em valores médios, é possível confirmar a imensa vantagem da tecnologia LED, em relação ao sistema convencional, pois enquanto as lâmpadas VSAP representam um passivo ambiental para o empreendimento, as luminárias LED ao final da vida útil poderão facilmente ser vendidas no mercado de reciclagem.

### 3.1.3. Consumo

A partir da conclusão do projeto de substituição do sistema de iluminação, a redução na potência instalada do túnel será na ordem de 49,3 kW, o que deverá ocasionar economia de cerca de 47% no custo de energia com iluminação.

A tabela 2, abaixo, foi elaborada de acordo com as informações do consumo energético do túnel, repassadas pela Sotepa, empresa que administra o túnel. Conforme é possível analisar, a redução estimada com a substituição das lâmpadas de VSAP por luminárias LED trará um retorno estimado anual de R\$ 159.469,92.

Tabela 2 - Comparativo de consumo entre os sistemas atual e LED

	VSAP	LED
Potência instalada (kW)	109,044	56,750
Consumo médio mensal (kWh) <sup>4</sup>	78.512	40.860
Consumo anual estimado (kWh)	942.140	490.320
Custo médio mensal energia (R\$) <sup>4</sup>	27.710,70	14.421,54
Custo médio anual energia (R\$)	332.528,40	173.058,48

<sup>4</sup>Baseados nos valores médios de acordo com as últimas faturas de energia elétrica, informações repassadas pela Sotepa. (Jan.2013 /Fev.2014)

Economia mensal estimada (R\$)	13.289,16
Economia anual estimada (R\$)	159.469,92

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados fornecidos pela Sotepa (2014)

### 3.2. DESCRIÇÃO DAS LUMINÁRIAS

Para a escolha da fabricante das luminárias LED que compreenderá este projeto, realizou-se pesquisa de preços e de uma fabricante com experiência em aplicação de iluminação pública. Dado que à época da pesquisa existiam somente produtos importados no mercado, optou-se pela AOD – *Advanced Optronics Devices*, fabricante de LED para aplicação em iluminação. Sua fábrica está localizada na China, mas conta com diversos pontos de atendimento e venda em todos os continentes.

Para a substituição do sistema atual pelo sistema eficiente a LED, são indicadas a aplicação das luminárias AOD AL-T10, AOD AL-T20 e AOD ALS-15, conforme o catálogo da fabricante AOD - *Advanced Optronics Devices* (2014), descritas na tabela 3, abaixo.

Nota-se que a redução da potência não é constante para todas as lâmpadas, como é possível verificar, as lâmpadas de VSAP de 150 W serão substituídas por luminárias LED de 100 W, as lâmpadas de VSAP de 400 W serão substituídas por luminárias de 200 W e as lâmpadas VSAP de 250 W por luminárias LED de 150 W, reduções de 33,3%, 50,0% e 40,0%, respectivamente.

Tabela 3 - Descrição técnica das luminárias LED

	(Substitui VSAP 150 W)	(Substitui VSAP 400 W)	(Substitui VSAP 250 W)
Quantidade:	308	114	21
Fabricante:	AOD - <i>Advanced Optronik Devices</i>	AOD - <i>Advanced Optronik Devices</i>	AOD - <i>Advanced Optronik Devices</i>
Modelo:	AL-T10	AL-T20	AL-S15
Potência:	100 W	200 W	150 W
Tensão:	85 ~ 265V	85 ~ 265V	100 ~ 277V
Frequência:	47 ~ 63Hz	47 ~ 63Hz	47 ~ 63Hz
Fator de potência:	0,95	0,95	0,95
Fluxo luminoso:	9000 lm	18000 lm	13500 lm
Eficiência luminosa:	> 90 lm/W	> 90 lm/W	90 lm/W
T <sub>cc</sub> :	5700K (branco frio)	5700K (branco frio)	3500K ~ 6500K
Temp. de trabalho:	-20° ~ +45°C	-20° ~ +45°C	-20° ~ +45°C
Vida útil:	50.000 horas	50.000 horas	50.000 horas
Peso líquido:	7,5 kg	11,2 kg	10,5 kg
Grau de prot. IP:	65	65	65
Alt. Recomendada:	4 ~ 7m	4 ~ 7m	8 ~ 14m

Fonte: AOD Brazil (2014)



### 3.3. ORÇAMENTOS E PRAZOS PARA EXECUÇÃO DO PROJETO

Os investimentos e a avaliação dos custos do projeto se caracterizam pela limitação da vida útil das luminárias LED, uma vez que estas estejam depreciadas e comprometam o nível de iluminação do ambiente, bem como a eficiência energética, pois estará consumindo a mesma potência, porém, entregando um fluxo luminoso inferior a 70% do seu estado inicial. Logo, é necessário que durante a vida útil das luminárias LED, todo o capital aplicado no projeto tenha retornado ao investidor, acrescido da remuneração compatível com os riscos envolvidos no empreendimento. Assim, este projeto se propõe a avaliar a viabilidade de acordo com as estimativas de grandeza econômicas, a saber.

- Vida útil, obtida com base nos catálogos dos fabricantes;
- Custos estimados do projeto, tais como preços das luminárias, gastos com mão-de-obra para substituição, manutenção e outros de natureza operacional;
- Despesas de administração e estudos de engenharia preliminares.

#### 3.3.1. Custos estimados

Os custos estimados do projeto estarão divididos entre custos diretos e custos indiretos. Todos os custos serão especificados, conforme segue, e sua totalidade estará composta no investimento total do projeto.

### 3.3.1.1. Custos diretos

Os custos diretos são aqueles ligados diretamente ao objeto do projeto, que visa diretamente à redução do consumo de energia. São eles os valores gastos com luminárias, mão-de-obra e materiais de consumo.

#### 3.3.1.1.1. Luminárias

Objeto principal deste projeto, seu investimento está diretamente ligado às reduções e benefícios que a tecnologia LED proporciona. Os custos da luminária estão descritos na tabela 4.

Também consideramos o acréscimo de 5% em cada tipo de luminária, para a reserva de estoque. Este percentual foi projetado seguindo as normas do fabricante, que de acordo com seus testes, suas luminárias apresentaram uma taxa de falha inferior a 1%, assim, devido a um possível viés, estamos apresentando uma quantidade um pouco superior para a reserva de estoque de possíveis trocas.

O valor total das luminárias é de R\$ 406.898,60.

Tabela 4 - Orçamento de compra das luminárias LED

Descrição	Quant.	Un.	Valor unitário	Valor total
Luminária AOD LED 100W (AL-T10)	308	Pç	R\$ 753,60	R\$ 232.108,80
Luminária AOD LED 200W (AL-T20)	114	Pç	R\$ 1.166,71	R\$ 133.004,94
Luminária AOD LED 150W (AL-S15)	21	Pç	R\$ 1.067,30	R\$ 22.413,30
AL-T10 p/ Estoque	15	Pç	R\$ 753,60	R\$ 11.304,00
AL-T20 p/ Estoque	6	Pç	R\$ 1.166,71	R\$ 7.000,26
AL-S15 p/ Estoque	1	Pç	R\$ 1.067,30	R\$ 1.067,30
Total	465			R\$ 406.898,60

Fonte: Elaboração própria a partir de AOD Brazil (2014)

#### 3.3.1.1.2. Mão-de-obra

A mão-de-obra empregada para a substituição das luminárias será realizada por uma empresa contratada, assim ficando a cargo dela a responsabilidade de empregar a mão-de-obra necessária para o serviço, conforme o prazo estipulado.

Para tal, a empresa Construcel Construções de Obras Elétricas Ltda, estará realizando a obra, e conforme seu orçamento, o valor para a mão-de-obra para a substituição das luminárias será de R\$ 63.894,00.

#### 3.3.1.1.3. Materiais de consumo

Neste tópico entram os materiais de consumo que serão utilizados na obra, são eles fitas isolantes, luvas, materiais de segurança, parafusos, porcas, arruelas, ferramentas e outros materiais que eventualmente serão utilizados. Dado que o serviço será realizado pela empresa Construcel, esta forneceu este levantamento e encaminhou o orçamento.

O valor estimado para esta rubrica é de R\$ 1.418,88.

#### 3.3.1.2. Custos indiretos

Os custos indiretos são aqueles que não fazem parte do objeto, mas são essenciais para o andamento da obra. São eles os custos de administração, fiscalização, descarte dos materiais nocivos, estudos preliminares e possíveis eventuais.

#### 3.3.1.2.1. Estudos preliminares de engenharia, projeto e consultoria

Os estudos preliminares correspondem à etapa inicial do planejamento de uma obra, neste momento faz-se necessário efetuar verificações detalhadas do projeto.

As informações obtidas nesta fase são a base para a verificação da viabilidade de desenvolvimento do projeto.

Para isso estimou-se o valor de R\$ 10.000,00.

Este valor é tabelado e cobrado pela empresa de consultoria ao qual o autor desenvolveu o projeto.

#### 3.3.1.2.2. Administração, acompanhamento e fiscalização

Os custos de administração, acompanhamento e fiscalização incluem todos os salários de engenharia e de administração, aluguéis de escritórios, luz, comunicações, despesas de viagem, treinamento de pessoal e seguros. Incluem ainda despesas médicas e hospitalares, de educação e de recreação do pessoal envolvido.

Estimou-se que o custo desta rubrica é de R\$ 20.000,00.

Este valor, também, é tabelado e cobrado pela empresa de consultoria ao qual o autor desenvolveu o projeto.

#### 3.3.1.2.3. Descarte de materiais nocivos

Devido aos materiais nocivos contidos nas lâmpadas de vapor de sódio que estão atualmente instaladas no túnel, é necessário que sua manipulação e descarte sejam feitos por uma empresa especializada, que atenda as normas ambientais vigentes e normas dos órgãos responsáveis.

Para tal, será contratada uma empresa que atenda aos requisitos necessários, e, dentre as concorrentes, optou-se pela empresa D&N Meio Ambiente Ltda, que nos apresentou um orçamento de R\$ 2.220,00.

#### 3.3.1.2.4. Custos eventuais

Nesta rubrica estão estimados os possíveis gastos eventuais não incluídos neste orçamento, e outros possíveis custos financeiros, que devido a incertezas, não são possíveis mensurá-los, como custos de câmbio, inflação e outros.

Para esta rubrica estimou-se o percentual de 5% da soma dos custos indiretos, sendo estipulado o valor de R\$ 1.611,00 para os custos eventuais.

#### 3.3.2. Valor estimado de investimento

Dados todos os custos estimados, diretos e indiretos, teremos o custo total do investimento do projeto. Conforme a tabela 5, temos o investimento no valor total de R\$ 506.042,48, destes, os custos diretos representam 93,31% e os indiretos representam 6,69% dos custos totais.

Tabela 5 - Quadro de custos totais do projeto

Tipo de Custos	Custos Totais	
	R\$	%
Custos Diretos		
Luminárias	406.898,60	80,41
Mão-de-obra	63.894,00	12,63
Materiais de consumo	1.418,88	0,28
Total dos custos diretos	467.222,54	93,31
Custos Indiretos		
Estudos preliminares de engenharia, etc	10.000,00	1,98
Administração, acompanhamento e fiscalização	20.000,00	3,95
Descarte de materiais nocivos	2.220,00	0,44
Custos eventuais	1.611,00	0,32
Total dos custos indiretos	33.831,00	6,69
Total	506.042,48	100,00%

Fonte: Elaboração própria, a partir do levantamento de custos do projeto (2014)

### 3.3.3. Manutenção

Considera-se manutenção a troca das lâmpadas, seja por falha ou simples troca no final da sua vida útil.

Devido ao fato de estarmos comparando dois equipamentos distintos e com vidas úteis diferentes, consideraremos como manutenção a quantidade de substituições das lâmpadas VSAP ao final de sua vida útil, ao passo que, a luminária LED, por ter maior vida útil, continuará funcionando com a eficiência exigida.

Desta forma, ao analisarmos a tabela de vida útil das lâmpadas e luminárias, conforme informado nos manuais das fabricantes (PHILIPS e AOD), as lâmpadas VSAP possuem 24.000 horas de vida útil, enquanto que, as luminárias LED possuem 50.000 horas. Levando em conta que as luzes do túnel ficam 24 horas por dia ligadas, a tabela 6 compara a vida útil de ambas.

Tabela 6 - Comparação da vida útil dos tipos de tecnologia para iluminação artificial

Descrição	Horas	Dias	Meses	Anos
Vida útil lâmpada convencional (VSAP)	24.000	1.000	33	2,78
Vida útil luminária LED	50.000	2.083	69	5,79

Fonte: Elaboração própria, a partir das informações dos fabricantes PHILIPS e AOD (2014)

Ao compararmos as vidas úteis, podemos verificar que serão necessárias 2,083 trocas de lâmpadas convencionais com os reatores no mesmo período que em seria trocada uma vez as luminárias LED.

A tabela 7 nos mostra uma estimativa de gastos de manutenção, se compararmos os custos das lâmpadas convencionais mais os reatores.

Tabela 7 - Custo de manutenção das lâmpadas convencionais

Descrição	Quantidade de Lâmpadas	Preço Convencional (Lâmpada + Reator)	Quantidade de Manutenções	Custo de Manutenção Convencional
Manutenção (Sódio 150W X LED 100W)	308	R\$ 69,62	2,083	R\$ 44.672,83
Manutenção (Sódio 400W X LED 200W)	114	R\$ 105,16	2,083	R\$ 24.975,50
Manutenção (Sódio 250W x LED 150W)	21	R\$ 102,14	2,083	R\$ 4.468,63
Total	443			R\$ 74.116,96

Fonte: Elaboração própria, a partir de estimativas de trocas das lâmpadas convencionais no período (2014)

Logo, podemos verificar que o valor de R\$ 74.116,96 será economizado em manutenção durante o período ao se optar pela utilização das luminárias LED. Se dividirmos este valor pelo tempo analisado, vida útil do LED, desconsiderando a inflação do período, ou seja, trabalhando com valores constantes em reais de 2014, podemos verificar a representatividade mensal da manutenção do sistema atual de iluminação do túnel, de R\$ 1.067,28.

Tabela 8 - Custo de manutenção por período

Descrição	Total	Anual	Mensal
Custo de Manutenção	R\$ 74.116,96	R\$ 12.807,41	R\$ 1.067,28

Fonte: Elaboração própria, a partir das informações da Tabela 7 (2014)

Estes valores estarão, também, contemplados na análise econômica do projeto, dado que eles representam uma entrada no fluxo de caixa, devido ao fato de que a opção pelas luminárias LED não haveria este custo.



## 4. ANÁLISE ECONÔMICA E FINANCEIRA DO PROJETO

A decisão de realizar um projeto deve ser baseada, além de benefícios ambientais e sociais, em uma análise econômica e financeira criteriosa. Para isto será realizado um estudo de viabilidade econômica e financeira para o caso em questão. A seguir apresentaremos algumas técnicas de análise que serão implementadas no estudo.

### 4.1. INDICADORES DE VIABILIDADE ECONÔMICA

As técnicas de Engenharia Econômica que utilizaremos são a base para comparação de projetos de investimento. Estas técnicas são utilizadas de forma bastante ampla, pois os investimentos poderão ser tanto de empresas, como de particulares ou de entidades governamentais. Estas técnicas se baseiam na Matemática Financeira, que descreve as relações do binômio tempo e dinheiro. Desde que sejam tomados os devidos cuidados de uniformidade de considerações, todos os métodos apontarão para a mesma decisão. Implementaremos diversos métodos para demonstrar isso.

Segundo Casarotto (2010), ao se elaborar a análise econômica e financeira, somente são considerados os fatores conversíveis em dinheiro, dado os critérios econômicos – rentabilidade do investimento – e financeiros – disponibilidade de recursos. No caso em questão, quesitos não mensuráveis como conforto e segurança já foram abordados, demonstrando a superioridade do LED. Portanto, não serão incluídos nos cálculos de viabilidade econômica que realizaremos a seguir.

Quando realizamos um projeto de investimento, comparamos os resultados deste com os de outros investimentos disponíveis. Via de regra, a taxa de juros que

o dinheiro irá proporcionar deverá ser superior a uma taxa prefixada com a qual fazemos a comparação. Esta diferença entre as taxas se constitui no custo de oportunidade.

#### 4.1.1. Taxa mínima de atratividade (TMA)

A taxa mínima de atratividade (TMA) é uma taxa de juros que representa o mínimo que um investidor se propõe a ganhar em um determinado investimento. Esta taxa varia de acordo com o risco que o investidor se propõe correr, com a liquidez do projeto e o custo de oportunidade.

Em nosso projeto, utilizaremos a TMA de 12% ao ano, que é o retorno atual das Letras do Tesouro Nacional (LTN), que oferece esta taxa com baixo risco e alta liquidez.

#### 4.1.2. Taxa interna de retorno (TIR)

Por definição, taxa interna de retorno (TIR) é a taxa que torna o valor presente das entradas líquidas de caixa associadas ao projeto igual ao investimento inicial, ou ainda, é a taxa que produz um VPL do projeto igual a zero.

Esta definição aplicada num investimento com fluxo de caixa simples estabelece que, enquanto o valor da TIR for maior que a TMA, o projeto deverá ser aceito. Desta forma,  $TIR > TMA$  é o critério para aceitação do projeto.

Para chegarmos ao resultado da TIR, se supõe que toda a receita do investimento seja reaplicada na própria TIR, ou seja, a sobra de caixa será reinvestida no mesmo projeto e terá a mesma rentabilidade, o que muitas vezes não é possível, dado que a melhor taxa alternativa ao projeto é a TMA.

#### 4.1.2. Taxa interna de retorno modificada (TIRM)

A taxa interna de retorno modificada (TIRM) segue o mesmo conceito da TIR, porém, difere na questão do reinvestimento, que poderá ser aplicado em outro empreendimento, rendendo uma taxa até menor que a anterior, conforme constata Hirschfeld (1998). É um método mais robusto que a TIR pois considera a real taxa de reinvestimento (TMA) dos valores retirados ao longo do projeto.

#### 4.1.3. Valor presente líquido (VPL)

O valor presente líquido (VPL) constitui um dos instrumentos mais utilizados para se avaliar propostas de investimentos, por ser um método bastante robusto e de simples cálculo.

O VPL de um projeto de investimento, conforme define Casarotto (2010), é igual ao valor presente (VP) das entradas líquidas de caixa associadas ao projeto, menos o investimento inicial necessário. A taxa utilizada para descontar o fluxo é a TMA.

Assim, se o projeto apresentar um VPL positivo conclui-se que é mais rentável que a TMA, e, portanto, o projeto é viável.

A grande vantagem do VPL deve-se na revelação do quanto que o projeto enriquecerá a empresa em termos de valor presente.

#### 4.1.4. Valor presente líquido anualizado (VPLA)

O valor presente líquido anualizado (VPLA) é um índice que responde as questões de ganhos anuais, tendo em vista que o VPL é uma medida de valor monetário para toda a vida do projeto, ou seja, o saldo final mas em valor presente, enquanto o VPLA anualiza esses ganhos levando em consideração a mesma taxa de desconto ou TMA para cada ano de vigência do projeto.

Trata-se de uma variação do VPL, cuja função é demonstrar quanto de ganho líquido um projeto de investimento poderá propiciar período a período.

É bastante utilizado para comparação de projetos cujas durações são distintas, no caso de haver a possibilidade de repetição dos mesmos.

#### 4.1.5. Índice benefício-custo (IBC)

O índice benefício-custo (IBC) é uma medida de quanto se espera ganhar por unidade de capital investido. A hipótese implícita no cálculo do IBC é que os recursos liberados ao longo da vida útil do projeto sejam reinvestidos à TMA.

É muito utilizado em projetos do setor público pois utiliza todos os benefícios e custos monetarizados, sejam econômicos, sociais, ambientais e outros, enquanto os demais indicadores utilizam os fluxos líquidos.

A análise do IBC, para efeito de se aceitar ou rejeitar um projeto de investimento, é análoga à do VPL. É fácil verificar que se  $VPL > 0$ , então, necessariamente, ter-se-á  $IBC > 1$ , ou seja, sendo o IBC maior que 1, indica que o projeto merece continuar sendo analisado.

#### 4.1.7. Retorno do investimento (*payback* simples)

O *payback* simples é o intervalo de tempo necessário para que os benefícios advindos de um investimento possam cobrir seus custos, porém, não considerando a taxa de juros no cálculo.

Apesar de ser amplamente utilizado, o *payback* simples não deve ser o considerado o principal indicador avaliado. Devido ao fato de não considerar a taxa de juros no tempo, ela não corrige o valor monetário, assim o *payback* simples sempre ocorrerá antes do *payback* descontado, o que resulta numa decisão equivocada por parte do investidor.

#### 4.1.8. Retorno do investimento (*payback* descontado)

O *payback* descontado, assim como o *payback* simples, é o intervalo de tempo necessário para que os benefícios advindos de um investimento possam cobrir seus custos, considerados a uma adequada taxa de juros.

O *payback* descontado é utilizado com frequência, em virtude da sua aparente objetividade, porém, a maior falha deste método consiste no fato de, tecnicamente, não podermos classificar alternativas na razão inversa do número de períodos de retorno. Assim, se tivermos duas alternativas com prazos de retorno distintos, não podemos afirmar, com segurança, que a alternativa com menor prazo de retorno é a melhor opção, pois a melhor opção é a que dará o maior lucro, que será observado por outros indicadores, como o VPL, o IBC e, até mesmo, a comparação da TIR com a TMA.

## 4.2. APRESENTAÇÃO DOS DADOS

Dado os valores dos custos apresentados no capítulo 3.3, podemos projetar o fluxo de caixa do projeto conforme o investimento inicial, os custos atuais e os custos projetados com a substituição das luminárias, levando em consideração apenas os valores incrementais relacionados à troca das luminárias.

Levando em consideração a hipótese de que os custos atuais se mantenham e que, com a substituição, os custos se reduzam consideravelmente, podemos afirmar que a diferença entre estes custos, a economia gerada, será a receita projetada, dado que o dispêndio do valor com a redução seria economizado e poderá ser utilizado de outra forma pela empresa.

Assim, conforme nossa hipótese, apresentaremos os dados para a análise econômica e financeira do projeto.

### 4.2.1. Premissas do projeto

Conforme apresentado na tabela 2, os dados do consumo do sistema atual geram um custo na ordem de R\$ 27.710,70, a tabela 9 apresenta um resumo das informações.

Tabela 9 - Informações do consumo mensal do sistema atual de iluminação do túnel

Potência instalada do sistema atual (kW)	109,044
Consumo atual mês (kWh)	78.512
Consumo atual ano (kWh)	942.140
Valor médio do kWh (R\$)	0,35295
Custo atual mês médio (c/ impostos)	R\$ 27.710,70

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados fornecidos pela Sotepa (2014)

Após a substituição do sistema de iluminação atual pelo sistema com luminárias LED, o custo projetado será na ordem de R\$ 14.421,54, conforme informações da tabela 10.

Tabela 10 - Informações do consumo mensal do sistema proposto de iluminação do túnel

Potência instalada do sistema LED (kW)	56,75
Consumo LED mês (kWh)	40.860
Consumo LED ano (kWh)	490.320
Valor médio do kWh (R\$)	0,35295
Custo LED mês estimado (c/ impostos)	R\$ 14.421,54

Fonte: Elaboração própria, a partir de projeções de consumo (2014)

Com a substituição será reduzido 47,96% do custo mensal de energia, um total de R\$ 13.289,16. Podemos afirmar que este valor economizado por mês será a entrada mensal de caixa em nosso fluxo do projeto. Soma-se a este valor o custo de manutenção do sistema atual, que no sistema LED não haveria, totalizando a economia de R\$ 14.356,44.

Tabela 11 - Economia gerada pela troca do sistema de iluminação

Percentual de redução	47,96%
Economia mensal	R\$ 13.289,16
Ganhos mensais relativos com manutenção	R\$ 1.067,28
Economia total gerada	R\$ 14.356,44

Fonte: Elaboração própria, a partir das Tabelas 9 e 10 (2014)

#### 4.2.2. Fluxo de caixa

Para projetar o fluxo de caixa do projeto consideraremos o custo total do projeto, vide tabela 5, como o investimento inicial, que será pago em uma única parcela no momento inicial do projeto. Para as entradas no fluxo de caixa

consideraremos a economia gerada na conta de luz do sistema de iluminação, conforme exposto na tabela 11. Assim o fluxo de caixa terá um aporte de capital no período zero igual a R\$ 506.042,48, seguido pelas entradas mensais de R\$ 14.356,44. Em nosso fluxo projetado, contido na Tabela 12, calcularemos o VP das entradas e o saldo de acordo com a TMA de 12% e o horizonte de 69 meses (vida útil das luminárias de LED, como salientado anteriormente).

Tabela 12 - Fluxo de caixa do projeto

Período (meses)	Fluxo	Fluxo Acumulado	VP	VP Acumulado
0	-506.042,48	-506.042,48	-506.042,48	-506.042,48
1	14.356,44	-491.686,04	14.221,50	-491.820,98
2	14.356,44	-477.329,59	14.087,82	-477.733,16
3	14.356,44	-462.973,15	13.955,40	-463.777,75
4	14.356,44	-448.616,70	13.824,23	-449.953,53
5	14.356,44	-434.260,26	13.694,29	-436.259,24
6	14.356,44	-419.903,81	13.565,57	-422.693,67
7	14.356,44	-405.547,37	13.438,05	-409.255,62
8	14.356,44	-391.190,92	13.311,74	-395.943,88
9	14.356,44	-376.834,48	13.186,62	-382.757,26
10	14.356,44	-362.478,03	13.062,67	-369.694,59
11	14.356,44	-348.121,59	12.939,88	-356.754,71
12	14.356,44	-333.765,14	12.818,25	-343.936,46
13	14.356,44	-319.408,70	12.697,77	-331.238,69
14	14.356,44	-305.052,25	12.578,41	-318.660,27
15	14.356,44	-290.695,81	12.460,18	-306.200,09
16	14.356,44	-276.339,37	12.343,06	-293.857,03
17	14.356,44	-261.982,92	12.227,04	-281.629,99
18	14.356,44	-247.626,48	12.112,11	-269.517,88
19	14.356,44	-233.270,03	11.998,26	-257.519,62
20	14.356,44	-218.913,59	11.885,48	-245.634,13
21	14.356,44	-204.557,14	11.773,76	-233.860,37
22	14.356,44	-190.200,70	11.663,10	-222.197,27
23	14.356,44	-175.844,25	11.553,47	-210.643,80
24	14.356,44	-161.487,81	11.444,87	-199.198,93
25	14.356,44	-147.131,36	11.337,29	-187.861,64
26	14.356,44	-132.774,92	11.230,73	-176.630,91
27	14.356,44	-118.418,47	11.125,16	-165.505,75
28	14.356,44	-104.062,03	11.020,59	-154.485,16
29	14.356,44	-89.705,58	10.917,00	-143.568,16
30	14.356,44	-75.349,14	10.814,39	-132.753,78
31	14.356,44	-60.992,70	10.712,73	-122.041,04
32	14.356,44	-46.636,25	10.612,04	-111.429,00



33	14.356,44	-32.279,81	10.512,29	-100.916,71
34	14.356,44	-17.923,36	10.413,48	-90.503,23
35	14.356,44	-3.566,92	10.315,60	-80.187,64
36	14.356,44	10.789,53	10.218,63	-69.969,00
37	14.356,44	25.145,97	10.122,58	-59.846,42
38	14.356,44	39.502,42	10.027,43	-49.818,99
39	14.356,44	53.858,86	9.933,18	-39.885,81
40	14.356,44	68.215,31	9.839,81	-30.045,99
41	14.356,44	82.571,75	9.747,32	-20.298,67
42	14.356,44	96.928,20	9.655,70	-10.642,97
43	14.356,44	111.284,64	9.564,94	-1.078,03
44	14.356,44	125.641,08	9.475,03	8.397,01
45	14.356,44	139.997,53	9.385,97	17.782,98
46	14.356,44	154.353,97	9.297,75	27.080,73
47	14.356,44	168.710,42	9.210,35	36.291,08
48	14.356,44	183.066,86	9.123,78	45.414,86
49	14.356,44	197.423,31	9.038,02	54.452,88
50	14.356,44	211.779,75	8.953,07	63.405,95
51	14.356,44	226.136,20	8.868,91	72.274,86
52	14.356,44	240.492,64	8.785,55	81.060,41
53	14.356,44	254.849,09	8.702,97	89.763,37
54	14.356,44	269.205,53	8.621,16	98.384,54
55	14.356,44	283.561,98	8.540,13	106.924,66
56	14.356,44	297.918,42	8.459,85	115.384,51
57	14.356,44	312.274,87	8.380,33	123.764,85
58	14.356,44	326.631,31	8.301,56	132.066,41
59	14.356,44	340.987,75	8.223,53	140.289,94
60	14.356,44	355.344,20	8.146,23	148.436,17
61	14.356,44	369.700,64	8.069,66	156.505,83
62	14.356,44	384.057,09	7.993,81	164.499,64
63	14.356,44	398.413,53	7.918,67	172.418,31
64	14.356,44	412.769,98	7.844,24	180.262,55
65	14.356,44	427.126,42	7.770,51	188.033,06
66	14.356,44	441.482,87	7.697,47	195.730,52
67	14.356,44	455.839,31	7.625,11	203.355,64
68	14.356,44	470.195,76	7.553,44	210.909,08
69	14.356,44	484.552,20	7.482,44	218.391,52

Fonte: Elaboração própria

Vale ressaltar, que o tempo do fluxo de caixa será de acordo com o tempo de vida útil das luminárias LED, sendo que após este período, será necessário uma nova troca do sistema de iluminação.

### 4.3. ANÁLISE DE VIABILIDADE

Dado todas as informações disponíveis, os indicadores de viabilidade foram calculados com o auxílio do *software Microsoft Office Excel 2007*.

Conforme proposto, a TMA utilizada foi de 12% ao ano, e de acordo com os dados propostos, obteve-se os resultados da seguinte forma:

- Para obter a TIR, utilizamos a fórmula “=TIR(valores; [estimativa])”. Onde no campo “valores” é informado a coluna Fluxo da Tabela 12, no campo “estimativa” é inserido o valor de 0,12, referente à TMA anual do projeto.
- Para obter a TIRM, utilizamos a fórmula “=MTIR(valores; taxa\_financ; taxa\_reinvest)”. Onde no campo “valores” é informado a coluna Fluxo da Tabela 12, no campo “taxa\_financ” é inserido o valor mensal da TIR, já o campo “taxa\_reinvest” é inserido o valor mensal da TMA.
- Para obter o VP, utilizamos a fórmula “=VPL(taxa; valor1; [valor2]; ...)”. Onde no campo “taxa” é inserido o valor mensal da TMA, e no campo “valor1” é inserido a coluna Fluxo da Tabela 12.
- Para obter o VPL, deduzimos o valor do investimento do valor do VP. Onde é subtraído do VP o investimento total do projeto, de R\$ 506.042,48.
- Para obter o IBC, dividimos o valor do VP pelo valor do investimento. Onde é realizado a divisão do VP pelo valor do investimento, multiplicando por “-1” para que o valor seja positivo.
- Para obter o VPLA, utilizamos a fórmula “=PGTO(taxa; nper; vp; [vf]; [tipo])”. Onde no campo “taxa” é inserido a TMA anual de 12%, no campo “nper” é inserido o valor 5, referente ao período anual do projeto, e o campo “vp” é inserido o VPL do projeto.

- Para obter o *payback* simples, realizamos a interpolação no momento em que o fluxo acumulado nos indicou que o saldo acumulado, sem o cálculo do VP, passou a ser positivo.
- Para obter o *payback* descontado, realizamos a interpolação no momento em que o fluxo de caixa nos indicou que o saldo acumulado do VP do projeto passou a ser positivo.

Os resultados obtidos estão indicados na tabela 13, abaixo.

Tabela 13 - Indicadores de viabilidade do projeto

TMA	0,95% a.m.
TIR	2,21% a.m.
TIRM	1,48% a.m.
VP	R\$ 724.434,00
VPL	R\$ 218.391,52
IBC	1,43
VPLA	R\$ 54.733,61
PAYBACK SIMPLES	35,25 meses
PAYBACK DESCONTADO	43,11 meses

Fonte: Elaboração própria, a partir dos resultados obtidos (2014)

Podemos analisar que a TIR do projeto, de 2,21%, se apresentou superior que a TMA em 1,26 pontos percentuais. A TIRM também ficou acima da TMA, apresentando o valor de 1,48% a.m.

O *payback* simples ocorreu no período 35,25, denotando que, se não houvesse custo de oportunidade de reinvestimento, o projeto se pagaria em pouco mais de 35 meses.

O *payback* descontado se dará entre o 43º mês e o 44º mês, sendo que após este período até o final do 69º mês é possível, ainda, acumular um VPL de R\$ 218.391,52, que se estipulado anualmente no período, terá um retorno de R\$ 54.733,61 ao ano.

O IBC, estando acima de um, também nos viabiliza o projeto, indicando que para cada R\$ 1,00 investido, o projeto terá o retorno de R\$ 1,43.

Como havíamos salientado anteriormente, todos os métodos implementados apontam a mesma decisão sobre a viabilidade do projeto. Podemos concluir, então, de acordo com todos os dados propostos, que o projeto é viável sob o ponto de vista econômico-financeiro, dada a TMA utilizada de 12% ao ano (0,95% a.m.).

## 5. CONCLUSÃO

O avanço tecnológico da iluminação artificial reduziu drasticamente os custos com energia e melhorou, na mesma proporção, a qualidade da luz emitida. O trabalho apresentado buscou tratar de um tema que está em evidência: a redução dos custos de energia. E a tecnologia LED se mostra uma grande aliada neste quesito. Mas apesar do ganho em redução dos custos energéticos, o LED ainda se mostra uma tecnologia cara em comparação às demais. Por isto se deu a necessidade deste estudo, de avaliar sob o ponto de vista econômico e financeiro a viabilidade da aplicação desta tecnologia.

Ainda que o LED possa ser considerado uma tecnologia com um preço elevado, se comparado às outras disponíveis no mercado, através deste estudo podemos verificar que o investimento é rentável a médio e longo prazo no caso do túnel do Morro Agudo. Isto se deve, principalmente, à longa vida útil que este equipamento possui, podendo neste período proporcionar uma economia de energia que ultrapasse seus custos de aquisição. Convém notar, ainda, que neste caso estudado, há um resultado de maior conforto e segurança no trânsito, quesitos que não mensuramos monetariamente.

Ao realizar o levantamento de todos os custos envolvidos no projeto, e não apenas o custo de aquisição do equipamento, este trabalho evidenciou, através do cálculo de indicadores, que seu objetivo, de analisar a viabilidade econômica e financeira da tecnologia LED, foi bem sucedido, apresentando resultados que viabilizam a utilização do LED para o caso estudado do túnel do Morro Agudo.

## REFERÊNCIAS

AOD BRAZIL – Advanced Optronics Devices (Brasil) S/A. **Catálogo de produtos**. 2014. Disponível em: <<http://www.aodbrazil.com/aod/portugues/tecnicas/tecnicas.html>>. Acesso em: 04/11/2014.

CASAROTTO FILHO, Nelson. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia**. – 11. ed. – São Paulo: Atlas, 2010.

COSTA, Gilberto José Corrêa da. **Iluminação Econômica: cálculo e avaliação**. – 3. ed. rev. e amp. – Porto Alegre: EDIPUCRS, 2005.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT começa testes operacionais no Túnel do Morro Agudo, na BR-101/SC**. 08/05/2012. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/noticias/dnit-comeca-testes-operacionais-no-tunel-do-morro-agudo-na-br-101-sc>>. Acesso em: 17/09/2014.

FERREIRA, Milton Martins. **A evolução da iluminação na cidade do Rio de Janeiro: contribuições tecnológicas**. Rio de Janeiro: Synergia – Light, 2009.

FRÓES DA SILVA, Lourenço Lustosa. **Iluminação Pública no Brasil: Aspectos Energéticos e Institucionais**. Dissertação (mestrado em planejamento energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2006.

HIRSCHFELD, Henrique. **Engenharia econômica e análise de custos: aplicações práticas para economistas, engenheiros, analistas de investimentos e administradores**. – 6. Ed. – São Paulo: Atlas, 1998.

PHILIPS do Brasil. **Catálogo de produtos**. 2014. Disponível em: <<http://www.lighting.philips.com.br/lightcommunity/trends/led/index.wpd>>. Acesso em: 02/09/2014.

Revista O Setor Elétrico. Disponível em: <<http://www.osetoreletrico.com.br/web/>>. Acesso em: 07/10/2014.

SCHREDER DO BRASIL. **Primeiro túnel de auto-estrada 100% LED na América do Norte iluminado pela Schröder**. 21/07/2014. Disponível em: <

<http://www.schreder.com/brs-pt/Noticias/Pages/Schreder-lights-first-full-LEDmotorway-tunnel-in-North-America.aspx>>. Acesso em: 18/10/2014.

SCHUBERT, E Fred. **Light-emitting Diodes**. 2 ed. Cambridge University Press, 2006.

SOTEPA LTDA. Disponível em: <[http://www.sotepa.com.br/projetos\\_e\\_supervisoes1.html](http://www.sotepa.com.br/projetos_e_supervisoes1.html)>. Acesso em: 07/10/2014.

Visual Perception Inc. Disponível em: <<http://www.vplighting.ca/calgary-lighting-line-card.php>>. Acesso em: 27/08/2014.